

BLOQUE I: MATERIALES

PROBLEMAS DE ENSAYOS DE TRACCIÓN, DUREZA Y RESILIENCIA

1. a) Calcula la dureza Vickers de un material, sabiendo que una punta piramidal de diamante deja una huella de diagonal $d = 0.45 \text{ mm}$, al aplicarle una fuerza de 50 kp durante 20 s.
- b) Calcula la altura en m, desde la que se dejó caer una maza de 40 kg de un péndulo de Charpy, si la resiliencia del material vale 46 J/cm^2 y aquella ascendió 38 cm después de romper una probeta de 2 cm^2 de sección.

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2} \quad ; \quad d = 0,45 \text{ mm}$$

$$HV = 1,8544 \cdot \frac{50}{(0,45)^2} \approx 457,85 \text{ kp} / \text{mm}^2$$

$$\rho = \frac{T}{S} = \frac{F \cdot (h_1 - h_2)}{S}$$

$$h_1 = h_2 + \frac{\rho A}{F}$$

$$h_1 = 0,61 \text{ m}$$

2. En la determinación de la dureza en una rueda dentada cuya capa superficial ha sido cementada, se procede de la siguiente forma:

- a) En la zona central no cementada, se determina la dureza Brinell, aplicando una carga de 187,5 kp y utilizando como penetrador una bola de 2,5 mm. de diámetro. La dureza resulta ser igual a 350 HB.
- b) En la zona exterior cementada, se determina la dureza Vickers, aplicando una carga de 30 kp y obteniéndose una huella cuyas diagonales son de 0,272 mm. y 0,274 mm.

Calcular:

- a) El diámetro de la huella obtenida en el ensayo Brinell.
- b) El índice de dureza Vickers obtenido.

a) **BRINELL:**

$$HB = \frac{F}{S}; \quad S = \frac{\pi \cdot D}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2}); \quad S = \frac{187,5}{350} = 0,5357 \text{ mm}^2$$

$$0,5357 = \frac{\pi \cdot 2,5}{2} \cdot (2,5 - \sqrt{2,5^2 - d^2}); \quad \frac{0,5357}{3,927} - 2,5 = -\sqrt{2,5^2 - d^2}$$

$$-2,3636 = -\sqrt{2,5^2 - d^2} \rightarrow 2,3636 = \sqrt{2,5^2 - d^2}$$

$$(2,3636)^2 = 2,5^2 - d^2 \rightarrow d^2 = 6,25 - 5,5866 = 0,6634 \rightarrow d = \sqrt{0,6634} = 0,8145 \text{ mm}$$

b) **VICKERS:**

$$HV = 1,854 \cdot \frac{F}{d^2}; \quad d = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{0,272 + 0,274}{2} = 0,273 \text{ mm}$$

$$HV = 1,854 \cdot \frac{30}{(0,273)^2} = \frac{55,62}{0,07453} = 746,28 \text{ kp / mm}^2 \rightarrow H_v \approx 746$$

3. Una pieza de una excavadora está formada por dos placas de acero, una normal y otra templada.

* Determinar:

- la dureza Brinell de la placa normal si se emplea una bola de 10 mm. de diámetro (constante de ensayo para el acero, $K = 30$), obteniéndose una huella de 4 mm. de diámetro.
 - la dureza Vickers en la placa templada si con carga de 10 Kp. se obtienen unos valores para las diagonales de la huella de 0,120 mm. y 0,124 mm.
- ¿Cuál sería la carga a aplicar en la determinación de la dureza si utilizáramos una bola de 2,5 mm. de diámetro para que el resultado fuera el mismo ?.

Realizamos el ensayo de resiliencia con el péndulo de Charpy empleando una probeta tipo Mesnager (sección cuadrada de 10 x 10 mm. con entalla de 2 mm. de profundidad). Si la maza de 30 Kp. se deja caer desde 1 m. de altura y después de la rotura se eleva hasta 0,60 m. ¿Cuál es la resiliencia expresada en unidades S.I. ?.

a) Dureza Brinell

$$K = \frac{F}{D^2}; \quad F = K \cdot D^2 = 30 \cdot 10^2 = 3000 \text{ kp}$$

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} =$$

$$= \frac{2 \cdot 3000}{\pi \cdot 10 \cdot (10 - \sqrt{10^2 - 4^2})} = 228,77 \text{ kp/mm}^2 \rightarrow H_B \approx 229$$

b) Dureza Vickers

$$H_V = 1,8544 \cdot \frac{F}{d^2} \quad ; \quad d = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{0,120 + 0,124}{2} = 0,122 \text{ mm}$$

$$H_V = 1,8544 \cdot \frac{10}{(0,122)^2} \approx 1247 \text{ kp/mm}^2 \rightarrow H_V \approx 1247$$

$$F = K \cdot D^2 = 30 \cdot 2,5^2 = 187,5 \text{ kp}$$

$$\rho = \frac{T}{S} = \frac{F \cdot (h_1 - h_2)}{S} = \frac{30 \cdot 9,8 \cdot (1 - 0,6)}{10 \cdot 8 \cdot 10^{-6}} = \frac{107,6 \text{ N} \cdot \text{m}}{80 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2} = 1,345 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2$$

4. Para determinar la dureza Brinell de un material se ha utilizado una bola de 5 mm de diámetro y se ha elegido una constante de ensayo $K = 10$, obteniéndose una huella de 2,4 mm de diámetro.

Calcula:

- Dureza Brinell del material.
- Profundidad de la huella producida.
- Si el índice de dureza Brinell obtenido, coincide en la práctica con el índice de dureza Vickers, averigua el valor promedio de las diagonales de la huella que se obtendrían en el ensayo Vickers si el valor de la carga utilizada fuera de 30 Kp.

$$a) K = \frac{F}{D^2}; \quad F = K \cdot D^2 = 10 \frac{Kp}{mm^2} \cdot (5 \text{ mm})^2 = 250 Kp$$

$$HB = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2 \cdot 250 Kp}{\pi \cdot 5 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm} - \sqrt{(5 \text{ mm})^2 - (2,4 \text{ mm})^2})} =$$

$$= 51,87 \frac{Kp}{mm^2}$$

$$b) c = \sqrt{\left(\frac{D}{2}\right)^2 - \left(\frac{d}{2}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{5 \text{ mm}}{2}\right)^2 - \left(\frac{2,4 \text{ mm}}{2}\right)^2} = 2,193 \text{ mm}$$

$$h = \frac{D}{2} - c = \frac{5}{2} \text{ mm} - 2,193 \text{ mm} = 0,307 \text{ mm}$$

$$c) HV = 1,854 \frac{F}{d^2}$$

$$d^2 = \frac{1,854 F}{HV} = \frac{1,854 \cdot 30 Kp}{51,87 Kp/mm^2} = 1,0723 \text{ mm}^2$$

$$d = \sqrt{1,0723 \text{ mm}^2} = 1,035 \text{ mm}$$

5. En un ensayo de dureza Brinell se aplican 750 Kp. a una bola de 5 mm de diámetro. Si la huella producida tiene un diámetro de 2 mm.

a) ¿Cuál será la dureza ?.

b) ¿ Se obtendría la misma dureza si la bola fuese de 10 mm de Ø y la carga aplicada de 3.000 Kp. ?.

c) ¿Cuál sería la huella en este caso ?.

d) Si al realizar el ensayo de resiliencia con el péndulo de Charpy al material anterior, una probeta cuadrada de 10 mm de lado con una entalla de 2 mm, hace que el péndulo de 30 Kp situado a una altura de 1 m, ascienda sólo hasta los 34 cm. después de la rotura de la misma, ¿ cuál es el valor de su resiliencia expresado en unidades S.I. ?.

$$a) HB = \frac{F}{S}; \quad S = \frac{\pi \cdot D}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

$$HB = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{2 \cdot 750 \text{ Kp}}{\pi \cdot 5 \text{ mm} \cdot (5 \text{ mm} - \sqrt{(5 \text{ mm})^2 - 2 \text{ mm}^2})} = 228,76 \text{ Kp/mm}^2$$

$$b) \left. \begin{aligned} F &= K \cdot D^2 \\ K_1 &= \frac{F_1}{D_1^2} = \frac{750 \text{ Kp}}{(5 \text{ mm})^2} = 30 \\ K_2 &= \frac{F_2}{D_2^2} = \frac{3.000 \text{ Kp}}{(10 \text{ mm})^2} = 30 \end{aligned} \right\} K_1 = K_2 \rightarrow \text{Luego: MISMO VALOR de } H_B$$

$$c) 228,76 \text{ Kp/mm}^2 = \frac{2 \cdot 3.000 \text{ Kp}}{\pi \cdot 10 \text{ mm} \cdot (10 \text{ mm} - \sqrt{(10 \text{ mm})^2 - d^2})}$$

$$228,76 \text{ Kp/mm}^2 \cdot \pi \cdot 10 \text{ mm} = \frac{6.000 \text{ Kp}}{10 \text{ mm} - \sqrt{100 \text{ mm}^2 - d^2}}$$

$$1,198 = \frac{1}{10 - \sqrt{100 - d^2}}; \quad 11,98 - 1,198 \cdot \sqrt{100 - d^2} = 1;$$

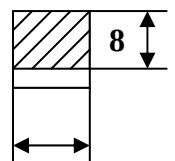
$$-1,198 \cdot \sqrt{100 - d^2} = 1 - 11,98 = -10,98; \quad \sqrt{100 - d^2} = \frac{-10,98}{-1,198} = 9,165$$

$$100 - d^2 = 9,165^2; \quad d = \sqrt{100 - 83,997} \approx 4 \text{ mm}$$

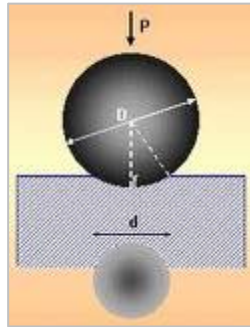
$$d) \rho = \frac{W}{S} = \frac{F \cdot \Delta h}{S} = \frac{30 \text{ Kp} \cdot (1 - 0,34) \text{ m}}{0,80 \text{ cm}^2} = 24,75 \text{ Kpm/cm}^2$$

$$24,75 \frac{\text{Kp} \cdot \text{m}}{\text{cm}^2} = 24,75 \frac{\text{Kp} \cdot \text{m}}{\text{cm}^2} \cdot \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ Kp}} \cdot \frac{10^4 \text{ cm}^2}{1 \text{ m}^2} = 2,425 \cdot 10^6 \text{ J/m}^2$$

$$8 \cdot 10 = 80$$



6. Realice un esquema representativo de un ensayo Brinell. Suponga que se ha utilizado una bola de 5 mm de diámetro y se ha elegido una constante $K = 30$, obteniéndose una huella de 2,3 mm de diámetro. Calcule la dureza Brinell del material.



$$F = K \cdot D^2 = 30 \frac{Kp}{mm^2} \cdot (5 \text{ mm})^2 = 750 \text{ Kp}$$

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D}{2} \cdot \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} = \frac{2 \cdot F}{\pi \cdot D \cdot \left(D - \sqrt{D^2 - d^2}\right)} =$$

$$= \frac{2 \cdot 750}{\pi \cdot 5 \cdot \left(5 - \sqrt{5^2 - 2,3^2}\right)} = 170,45 \text{ kp} / \text{mm}^2 \rightarrow H \approx 170$$

7. Para realizar el ensayo de dureza Brinell de un material se ha utilizado una carga de 250 Kp y un penetrador de diámetro 5 mm, obteniéndose una huella de 3,35 mm². Se pide:

- a) Determinar el resultado del mismo.
- b) Comprobar si se acertó al elegir el tamaño del penetrador y la carga.

$$a) HB = \frac{F}{S} = \frac{250}{3,35} = 74,62 \text{ Kp} / \text{mm}^2$$

$$b) 3,35 = \frac{\pi \cdot 5}{2} \cdot \left(5 - \sqrt{5^2 - d^2}\right); \quad \frac{3,35}{7,854} - 5 = -\sqrt{5^2 - d^2}$$

$$-4,573 = -\sqrt{5^2 - d^2}$$

$$(4,573)^2 = 5^2 - d^2 \rightarrow d^2 = 25 - 20,917 = 4,083 \rightarrow d = \sqrt{4,083} = 2,021 \text{ mm}$$

El diámetro de la huella debe estar comprendido entre

$$D/4 < d < D/2$$

$$1,25 < 2,021 < 2,5$$

8. En un ensayo Brinell, se obtuvo un valor de 40 HB.

- a) Determine la carga que se ha aplicado en el ensayo si se ha utilizado como penetrador una bola de 5 mm de diámetro y la huella producida fue de 1,2 mm de diámetro.
- b) Indique cuál fue la constante de ensayo del material.

$$a) \quad HB = \frac{F}{S} \quad S = \frac{\pi \cdot D}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

$$S = \frac{\pi \cdot 5}{2} \cdot (5 - \sqrt{5^2 - 1,2^2}) = 1,15 \text{ mm}^2$$

$$F = 40 \cdot 1,15 = 45,91 \text{ Kp}$$

$$b) \quad K = \frac{F}{D^2} = \frac{45,91 \text{ Kp}}{(5 \text{ mm})^2} = 1,84$$

9. En un ensayo de dureza Brinell se ha aplicado una carga de 3000 Kp. El diámetro de la bola del penetrador es de 10 mm. El diámetro de huella obtenido es de 4,5 mm. Se pide:

a) El valor de la dureza Brinell

b) Indicar la carga que habrá que aplicar a una probeta del mismo material si se quiere reducir la dimensión de la bola del penetrador a 5 mm. Predecir el tamaño de la huella.

$$HB = \frac{F}{S} \quad S = \frac{\pi \cdot D}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})$$

$$a) \quad S = \frac{\pi \cdot 10}{2} \cdot (10 - \sqrt{10^2 - 4.5^2}) = 16,81 \text{ mm}^2$$

$$HB = \frac{3000}{16,81} = 178,5 \text{ Kp} / \text{mm}^2$$

$$b) \quad F = K \cdot D^2$$

$$K = \frac{F}{D^2} = \frac{3000 \text{ Kp}}{(10 \text{ mm})^2} = 30$$

ensayo con D = 5 mm

$$F = K \cdot D^2 = 30 \frac{\text{Kp}}{\text{mm}^2} \cdot (5 \text{ mm})^2 = 750 \text{ Kp}$$

El valor de la dureza es el mismo, ya que se trata del mismo material.

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot D}{2} \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \quad 178,5 = \frac{2 \cdot 750}{\pi \cdot 5 \cdot (5 - \sqrt{5^2 - d^2})}$$

$$d = 2,25 \text{ mm}$$

10. En un ensayo de dureza 95 HB (Brinell) se observa que la profundidad de la huella f = 1,34 mm, cuando se aplica una carga de 4000 Kp. Calcula el diámetro de la bola (D) y el diámetro de huella (d).

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi \cdot D \cdot f}; \Rightarrow D = \frac{F}{\pi \cdot HB \cdot f}$$

$$D = \frac{4000}{\pi \cdot 95 \cdot 1,34} = 10 \text{ mm}$$

$$HB = \frac{2F}{\pi \cdot D \cdot (D - \sqrt{D^2 - d^2})} \Rightarrow 95 = \frac{2 \cdot 4000}{\pi \cdot 10 \cdot (10 - \sqrt{10^2 - d^2})}$$
$$d = 6,81 \text{ mm}$$